

1 **НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ**
2 **РЕСПУБЛИКИ**
3 **ИНСТИТУТ ГЕОМЕХАНИКИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР**
4
5
6

7 **Диссертационный совет Д.25.12.039**
8

9 На правах рукописи
10 УДК 69.3:669.215.3(043.3)
11

12
13
14 **МОЛМАКОВА МИРА САПАРОВНА**
15

16
17
18 **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ**
19 **КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОМЕДНОЙ РУДЫ**
20

21
22 **Специальность:**

23 **25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых»,**

24 **05.16.02 – «Металлургия редких, черных и цветных**
25 **металлов»**
26

27 **АВТОРЕФЕРАТ**

28 **диссертации на соискание ученой степени**

29 **кандидата технических наук**
30
31
32

33 **Бишкек - 2013**
34

1 Работа выполнена в Институте горного дела и горных технологий
2 им. У.Асаналиева при Кыргызском государственном техническом
3 университете им. И.Раззакова МОиН КР
4 и в АО «Центре наук о земле, металлургии и обогащения» г. Алматы

5
6 **Научные руководители:** доктор технических наук, профессор
7 **Тусупбаев Несипбай Куандыкович**
8 кандидат химических наук, доцент
9 **Ногаева Кулжамал Абдраимовна**

10
11 **Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор
12 **Тастанов Ерболат Адиятович**
13 кандидат технических наук, доцент
14 **Гак Тамара Лаврентьевна**

15
16 **Ведущая организация:** Казахский национальный технический
17 университет имени К.И. Сатпаева г. Алматы Республики Казахстан.

18
19 Защита состоится «22» октября 2013г. в 16⁰⁰ часов на заседании
20 Диссертационного Совета Д.25.12.039 в Институте Геомеханики и
21 освоения недр НАН КР Кыргызской республики, по адресу: 720035, г.
22 Бишкек, ул. Медерова, 98.

23 Факс +996(312)54-11-17

24 E-mail: ifmgrp@yandex.ru

25
26 С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
27 геомеханики и освоения недр НАН Кыргызской Республики, г.Бишкек,
28 ул.Медерова, 98.

29
30 Автореферат разослан «19» октября 2013г.

31
32
33 Ученый секретарь
34 Диссертационного совета,
35 канд.физ.-мат.наук:



С. Омуралиев

ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41

Актуальность темы диссертации. Применяемые в настоящее время традиционные технологии переработки золотомедного сырья требуют совершенствования, что обусловлено сложной рудной базой разрабатываемых месторождений Кыргызстана. Решение проблем увеличения полноты и комплексности использования золотомедного сырья, снижения затрат на их переработку требуют разработки и внедрения новых технологических и экономических решений, при этом часто необходимо их сочетание. Главное условие использования новых технологических решений переработки руд месторождения Кумбель заключается в разработке комбинированной технологии гравитационно-флотационного обогащения золотомедных руд на основе применения новой модифицирующей азотсодержащей органической добавки, что приводит к повышению извлечения золота во флотационный концентрат, снижению расхода основного флотореагента (ксантогената) и сернокислотное выщелачивание меди из хвостов гравитационно-флотационного обогащения с применением катализатора, введение которого будет способствовать повышению скорости выщелачивания и снижению расхода растворителя.

Связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами. Диссертационная работа выполнена в соответствии с программой Фундаментальных исследований АО «ЦНЗМО» «Научно-технологическое сопровождение интенсификации производства золота в Республике Казахстан» на 2011-2014 годы по теме «Разработка технологии синтеза и испытания нового пенообразователя и композиционного собирателя-аэрофлота из отечественного сырья для интенсификации флотационного обогащения золотосодержащих руд».

Целью диссертационной работы является разработка комбинированной технологии обогащения упорной золотомедной руды на основе использования нового реагента-модификатора, снижения расхода бутилового ксантогената и сернокислотное выщелачивание меди из хвостов гравитационно-флотационного обогащения на основе применения катализатора.

Задачи исследований:

1. Исследовать минералогический состав руды.
2. Изучить закономерности распределения золота в узких фракциях тонины помола и плотности в дробленной упорной руде.
3. Определить сорбционные свойства бутилового ксантогената в сочетании с моноэтаноламинксантогенатом в условиях мономинеральной флотации.

1 4. Определить оптимальные параметры сернокислотного выщелачивания
2 меди в раствор из хвостов флотационного обогащения в сочетании с
3 ферромагнитным катализатором.

4 5. Разработать комбинированную технологию, сочетающую флотационное
5 обогащение золотомедной руды на основе применения модифицирующей
6 добавки и сернокислотное выщелачивание меди из хвостов флотационного
7 обогащения с применением катализатора.

8 **Методы исследований.** В диссертационной работе использованы ИК-
9 спектроскопический, рентгенофазовый, спектральный, кристалло-
10 оптический, электронно-зондовый, химический (с применением
11 сертифицированных методик) методы анализа. Приборы и средства
12 измерения поверены службами стандартизации. Исследование
13 закономерностей распределения золота в узких фракциях тонины помола
14 и плотности осуществляли в тяжелой жидкости М 45. Исследование
15 адсорбционных свойств бутилового ксантогената в присутствии
16 моноэтаноламинксантогената проводили методом измерения
17 поверхностного натяжения, выщелачивание хвостов флотации проводили
18 раствором серной кислоты с применением ферромагнитного катализатора.

19 **Научная новизна работы** заключается в следующем:
20 (по специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых»)

21 1. Установлено, что усиление флотиремости сульфидных минералов в
22 присутствии моноэтаноламинксантогената обусловлено координа-
23 ционным связыванием его с ионами металлов, находящихся на
24 поверхности частиц минералов за счет неподеленной электронной пары
25 азота и гидроксильной группы молекулы модифицирующей добавки.

26 2. Для месторождения Кумбель разработана технологическая схема
27 обогащения руды для извлечения золота гравитационно-флотационным
28 способом. Впервые использована модифицирующая добавка моноэтанол-
29 аминксантогенат (МАК) к основному сульфгидрильному собирателю и
30 определено ее положительное влияние на флотиремость золотомедных
31 сульфидных минералов.

32 (по специальности 05.16.02 – «Металлургия редких, черных и цветных
33 металлов»)

34 3. Для интенсификации процесса выщелачивания меди из хвостов
35 гравитационно-флотационного обогащения руды месторождения Кумбель
36 впервые при сернокислотном выщелачивании использован
37 ферромагнитный катализатор, введение которого способствовало
38 повышению скорости выщелачивания и снижению расхода растворителя.
39 Выявлено, что механизм действия данного катализатора на процесс
40 выщелачивания меди из хвостов обогащения обусловлен усилением

1 окисления частиц сульфидных минералов меди из-за повышения
2 локальной концентрации кислорода в зоне их контакта с катализатором
3 окисления.

4 4. Для месторождения Кумбель разработана технологическая схема
5 сернокислотного выщелачивания меди из хвостов флотационного
6 обогащения.

7 **Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

8 (по специальности 25.00.13 «Обогащение полезных ископаемых»)

9 1. Разработанная технология на основе установленного рациональ-
10 ного и минералогического состава золотомедной руды и внутреннего
11 строения золотин, а также фракционного анализа руды для
12 определения ее обогатимости.

13 2. Механизм взаимодействия бутилового ксантогената и
14 моноэтаноламинксантогената (МАК) с катионами металлов,
15 находящимися на поверхности минералов.

16 3. Установленные закономерности флотационного извлечения золота в
17 условиях нового реагентного режима с использованием
18 модификатора моноэтаноламинксантогената.

19 4. Усовершенствованная гравитационно-флотационная технология
20 обогащения упорной золотомедной руды на основе применения
21 модифицирующей добавки.

22 (по специальности 05.16.02 – «Металлургия редких, черных и цветных
23 металлов»)

24 5. Установленные закономерности сернокислотного выщелачивания
25 меди из хвостов флотационного обогащения с применением
26 синтезированного ферромагнитного катализатора.

27 6. Усовершенствованная технология сернокислотного
28 выщелачивания меди из хвостов флотационного обогащения на
29 основе применения катализатора.

30 **Достоверность научных положений и выводов:** Полученные
31 результаты обоснованы и доказаны, а также подтверждены внедрением
32 рекомендаций и выводов, полученных в диссертационной работе,
33 апробированы на конференциях, в том числе и международных.

34 **Личный вклад соискателя состоит:** в анализе современного
35 состояния и путей совершенствования переработки упорных
36 золотомедных руд; в анализе вещественного состава руды месторождения
37 Кумбель; минералогического состава руды с целью определения форм
38 включений золота и меди; в разработке физико-химических исследований
39 с целью установления влияния новой модифицирующей добавки на
40 поверхностные процессы, имеющие место при флотации золота и
41 золотосодержащих сульфидов; в разработке исследовании по
42

1 выщелачиванию меди из хвостов гравитационно-флотационного
2 обогащения с применением катализатора; с целью повышения извлечения
3 меди, в разработке комбинированной технологии комплексной
4 переработки и проведении укрупненных лабораторных испытаний.

5 **Практическая значимость полученных результатов.** Разработана
6 комбинированная технологическая схема, которая может быть
7 использована при переработке упорных золотомедных руд.
8 Усовершенствование реагентного режима флотации с применением
9 моноэтаноламинксантогената дает возможность увеличения извлечения
10 золота на 5 %. Применение ферромагнитного катализатора повышает
11 извлечение меди в раствор на 4% и снижает расход растворителя, что
12 имеет экономическую эффективность. Укрупненные лабораторные
13 испытания полностью подтверждают полученные результаты научных
14 исследований.

15 По результатам работы подана заявка и получено положительное
16 решение на изобретение применения при флотационном обогащении
17 модифицирующей добавки моноэтаноламинксантогената.

18 **Экономическая значимость полученных результатов.** В результате
19 проведенных укрупненно-лабораторных испытаний предложена
20 комбинированная технология переработки упорных золотомедных руд,
21 включающая гравитационно-флотационное обогащение с добавкой
22 моноэтаноламинксантогенатом (МАК), внедрение которой в производство
23 даст возможность получить экономический эффект 19млн. долларов при
24 переработке 1млн. тонн руды в год.

25 **Апробация практических результатов.** Результаты исследований
26 докладывались и обсуждались на Международной конференции
27 «Проблемы геомеханики и освоения недр» посвященной 50-летию
28 института геомеханики и освоения недр и 80-летию академика НАН КР
29 И.Т.Айтматова (г.Бишкек, ИГОН НАН КР, 15-17 июня, 2011 г.), XV
30 Balkan mineral processing congress (Sozopol, Bulgaria, June 12-16, 2013), на
31 Международной конференции «Современное состояние и перспективы
32 развития горнодобывающей отрасли, посвященной 20-летию со дня
33 образования Института горного дела и горных технологий им. акад.
34 У.Асаналиева КГТУ им.И.Раззакова (г. Бишкек, 22-25 мая, 2013г.), на
35 научно-практических конференциях Кыргызского государственного
36 технического университета им. И.Раззакова, в Республиканских научно-
37 теоретических конференциях, а также в научной работе АО «Центр наук о
38 Земле, металлургии и обогащения» Республики Казахстан. Результаты
39 исследований докладывались на заседаниях кафедры «Металлургии и
40 металлургических процессов (2010-2013гг). В завершеном виде работа

41

42

1 докладывалась на расширенном заседании кафедры «Металлургия и
2 металлургические процессы» и на научном семинаре лаборатории
3 «Флотореагентов и обогащения» АО «ЦНЗМО» г. Алматы (Казахстан).

4 **Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.**
5 Результаты исследований и положения, отражающие основное содержание
6 диссертационной работы, опубликованы в 9 печатных работах.

7 **Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из
8 введения, четырех глав и выводов, изложенных на 121 страницах,
9 содержит 43 рисунков, 21 таблиц, 117 наименований литературы.

10 Автор выражает глубокую благодарность научным руководителям
11 д.т.н. Тусупбаеву Н.К. и к.х.н. Ногаевой К.А. за постановку задач, ценные
12 советы и помощь при выполнении работы. Автор также признателен за
13 ценные советы и замечания при выполнении работы к.т.н. Абдыкировой
14 Г.Ж., к.т.н. Кожонову А.К. и сотрудникам кафедры «Металлургия и
15 металлургические процессы» за оказанное содействие и помощь.

16 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

17 **Во введении** обоснованы актуальность задачи, определены цели и
18 задачи исследования, а также изложены научная новизна полученных
19 результатов, практическая и экономическая значимость работы, основные
20 положения диссертационной работы, выносимые на защиту и личный
21 вклад автора.

22 **В первой главе** представлен проведенный аналитический обзор
23 опубликованных теоретических и экспериментальных работ, в котором
24 рассмотрен анализ современного состояния и пути совершенствования
25 переработки упорных золотомедных руд. С целью научного и
26 технологического обоснования разработки технологической схемы
27 переработки упорной золотомедной руды месторождения Кумбель
28 состояние вопроса проанализировано по следующим основным
29 направлениям:

- 30 1. Современные направления в области исследований и переработки
31 упорных золотомедных руд.
- 32 2. Технологии флотационного обогащения упорных золотомедных руд.
- 33 3. Технология сернокислотного выщелачивания меди из хвостов
34 флотационного обогащения.

35 Анализ литературных данных, охватывающих основные направления
36 переработки труднообогатимых золотомедных руд, позволяет сделать
37 выводы, что в настоящее время для комплексной переработки
38 золотомедных руд перспективно применение реагентов-модификаторов
39 при флотации руд цветных металлов и золота, добавка которых в
40 незначительных количествах к традиционным реагентам-собирателям

41
42

1 существенно усиливает их гидрофобизирующую способность и позволяет
2 сократить расход дорогостоящих реагентов, одновременно не снижая, а во
3 многих случаях повышая технологические показатели, а также
4 перспективно для извлечения меди из хвостов флотационного
5 обогащения применение нового катализатора, интенсифицирующего
6 процесс выщелачивания.

7 **Во второй главе** описаны методы по исследованию сложных
8 минеральных составляющих, изучаемой упорной золотомедной руды,
9 которые возможны лишь комплексом современных физических методов,
10 включающих высокоразрешающую оптическую и электронную
11 микроскопию, рентгенографический, микронзондовый, ИК-
12 спектроскопический анализы.

13 Установлено, что исследуемая руда относится к малосульфидному
14 золотомедному типу с бедным содержанием серебра. Медно-золотое
15 оруденение в основном локализуется в скарнах, реже в гранодиоритах
16 вблизи контакта массива. Золотое оруденение на участке связано с зонами
17 сульфидной минерализации. Количество сульфидов до 15%. Преобладают
18 халькопирит, пирит, чешуйки золота, реже отмечается галенит. Среди
19 жильных минералов преобладают кварц, анкерит и кальцит. Основная
20 масса золота связана с сульфидно-кальциевым минеральным комплексом и
21 очень часто основным носителем золота являются пирит, халькопирит.

22 Изучены формы включений золота в руде, измельченной до
23 крупности 100 % класса 0,1 мм. Установлено, что золото свободное и в
24 сростках составляет 30,0% , в кварце –8,0%. Значительная часть золота
25 ассоциирована с сульфидами – 59,83%, что требует весьма тонкого
26 измельчения исследуемой руды.

27 Медь в исследуемой пробе руды представлена халькопиритом,
28 халькозином, ковеллином, малахитом. Содержание меди в руде составило
29 1,89 %. По результатам фазового анализа руды месторождения Кумбель
30 медь на 85,9% находится в окисленной форме (табл.1).

31 Таблица 1 - Формы ассоциации меди в руде

Форма нахождения меди в руде	Распределение, %	
	содержание меди, %	распределение меди, %
Окисленная	1,62	85,9
Водорастворимая	0,04	1,90
Первичная сульфидная	0,14	7,56
Вторичная сульфидная	0,09	4,64
Общая	1,89	100

32

33

1 Исследовано распределение золота по классам крупности (табл.2).

2 Таблица 2 - Результаты гранулометрического анализа пробы руды

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание золота, г/т	Распределение золота, %
-2,5+1,25	15,29	3,6	11,93
-1,25+0,8	25,59	3,9	21,56
-0,8+0,56	12,89	7,4	20,67
-0,56+0,4	8,34	4,1	7,41
-0,4+0,3	6,58	6,6	9,41
-0,3+0,2	7,69	3,4	5,67
-0,2+0,15	3,72	5,7	4,59
-0,15+0,1	5,42	3,8	4,46
-0,1+0,074	2,98	5,8	3,74
-0,074+0,050	2,92	5,4	3,42
-0,050+0	8,66	3,8	7,14
Исходная руда	100,0	4,61	100,0

3

4 Установлено, что при дроблении наблюдается повышенный выход
5 крупных классов, характерный для руд с повышенной твердостью. Так,
6 например, суммарный выход классов 0,8–2,5 составил 40,88 %, а
7 суммарный выход наиболее крупных классов 0,56–2,5 составил 53,77%. В
8 этих классах концентрируется 54,16% всего золота руды. Характерным
9 также является малый выход класса минус 0,074, составивший всего
10 11,58 %. Несколько обогащенными оказались только два класса: класс
11 0,56 - 0,8 с содержанием золота 7,4 г/т и класс 0,3 – 0,4 с содержанием
12 золота 6,6 г/т.

13 Изучена измельчаемость руды класса минус 0,074 мм в шаровой
14 мельнице с поворотной осью. За эталон была принята сульфидная
15 золотомедная руда Васильковского месторождения (Казахстан).
16 Измельчение руды проводилось в одинаковых условиях и режимах (рис.1).

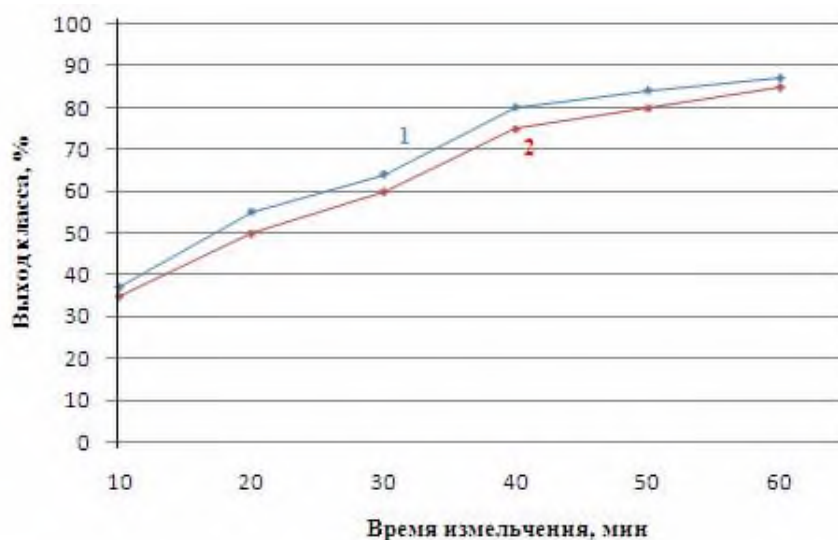


Рис.1 - График измельчаемости руды по классу минус 0,074мм:
1 – Васильковское месторождение; 2 – месторождение Кумбель

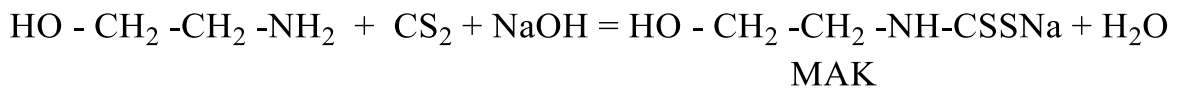
Установлено, что зависимость между выходом класса минус 0,074 мм от продолжительности измельчения руды месторождения Кумбель имеет сходство с эталонной рудой Васильковского месторождения. Был изучен гранулометрический состав дробленой руды с распределением золота в узких фракциях тонины помола и плотности. Установлено, что при плотности разделения 2650 кг/м^3 индекс гравитационной обогатимости составляет 0,85, что соответствует очень трудной гравитационной обогатимости, при плотности разделения 2750 кг/м^3 - 0,25, что соответствует трудной гравитационной обогатимости, при плотности разделения 2850 кг/м^3 - 0,043, что соответствует легкой гравитационной обогатимости. С повышением плотности разделения улучшается гравитационная обогатимость.

Таким образом, результаты исследований по изучению вещественного состава золотомедной руды месторождения Кумбель определяют целесообразность применения комбинированной схемы обогащения. По гравитационно-флотационной схеме возможно получение золотомедного концентрата и сернокислотным выщелачиванием хвостов флотационного обогащения извлекается медь в раствор.

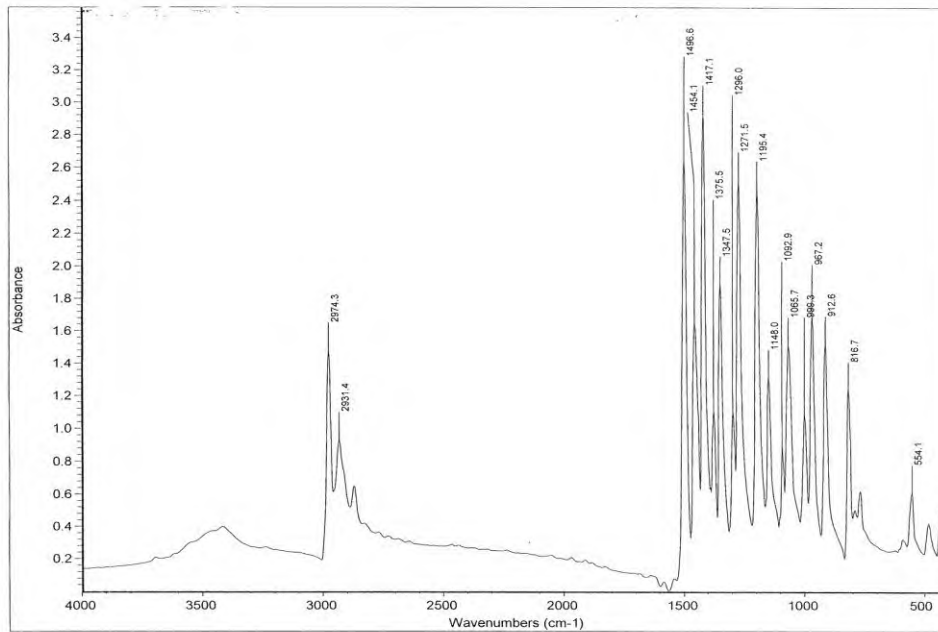
В третьей главе приведены результаты исследования по совершенствованию реагентного режима флотации и интенсификации процессов выщелачивания.

Изучены процессы адсорбции собирателя в присутствии новой модифицирующей добавки моноэтаноламинксантогенат (МАК). Особенностью МАК является способность образовывать разнолигандные комплексные соединения с катионами тяжелых цветных металлов в составе которого имеются гидроксильная группа, вторичный амин и

1 ксантогенатная группа, обладающие способностью реагировать с ионами
 2 металлов. Реакция получения МАК выглядит следующим образом:



3
 4 Установлено, что данные определения состава модификатора МАК
 5 идентифицируются методом инфракрасной спектроскопии (рис.2).



6
 7 Рис. 2 - ИК- спектр МАК

8 Как видно из рис.2 в ИК-спектре соединения присутствует группа
 9 полос в интервалах частот 1530-960 см⁻¹, которые относят к колебаниям
 10 группировки N-C=S, полосы поглощения в области 1712 см⁻¹ и 3268 см⁻¹,
 11 соответствует валентным колебаниям C=O группы и валентным
 12 колебаниям OH⁻ соответственно.

13 Исследована сорбция БКс и его смеси с МАК на поверхности частиц
 14 пирита и халькопирита методом измерения поверхностного натяжения на
 15 границе раздела вода – воздух до и после обработки указанными
 16 реагентами (табл.3).

17 Таблица 3 - Термодинамические параметры адсорбции БКс на границе
 18 раздела вода-воздух при различных рН среды и T=298K

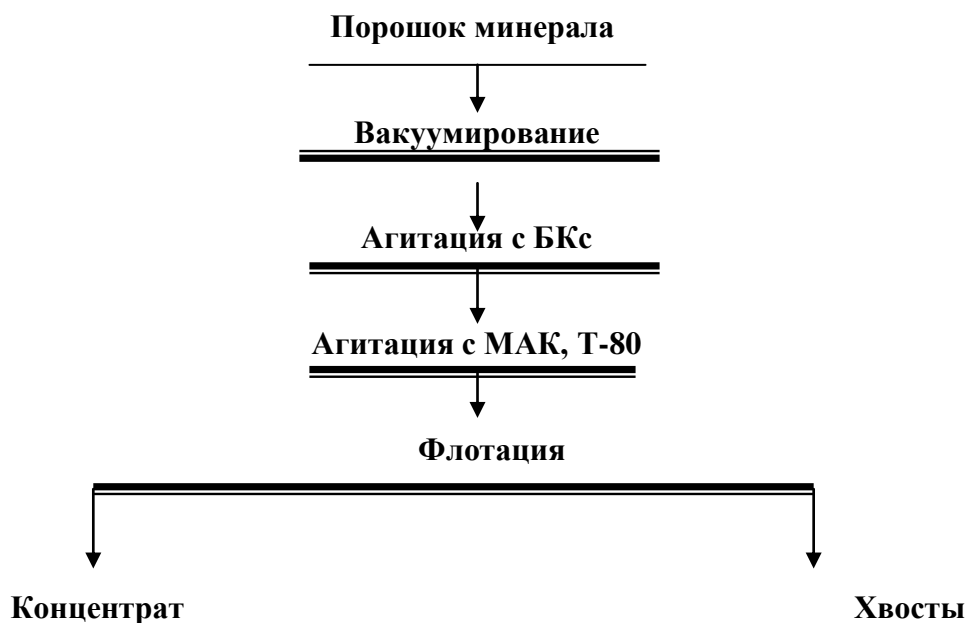
рН среды	G_{Re} , мН м ⁻¹ / кмоль м ⁻³	$\Delta_{ads}G^0_{298}$, кДж/моль
6,0	$3,7 \cdot 10^3$	-20,4
8,0	$1,8 \cdot 10^3$	-18,6
10,0	$8,2 \cdot 10^2$	-16,6

19

20

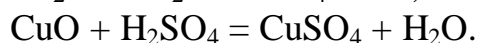
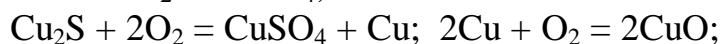
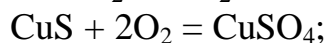
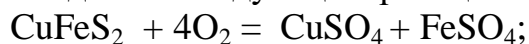
1 Из табл.3 видно, что с увеличением рН среды поверхностная
2 активность БКс уменьшается, а свободная энергия адсорбции растет. В
3 результате гидрофильность молекулы БКс увеличивается, что в конечном
4 итоге приводит к понижению их поверхностной активности.

5 Проведены исследования мономинеральной флотации для изучения
6 флотационной активности бутилового ксантогената в присутствии новой
7 модифицирующей добавки (МАК) (рис.3).



22 Рис. 3- Схема проведения мономинеральной флотации

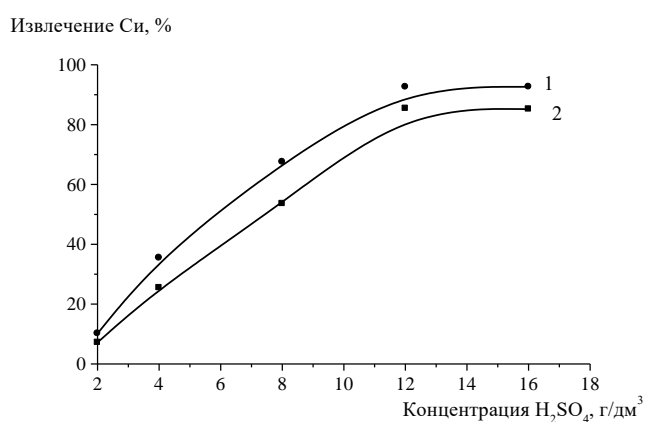
23 Влияние ферромагнитного катализатора на процесс выщелачивания
24 меди из хвостов флотации можно описать следующим образом. При
25 столкновении частиц сульфидных минералов меди с поверхностью
26 катализатора окисления, сконцентрировавшего вокруг себя кислород,
27 происходит одновременный контакт системы: растворенный кислород–
28 частицы медного минерала – катализатор окисления, где протекает
29 окислительно-восстановительная реакция, в результате которой
30 происходит окисление сульфидных медных минералов (халькопирит,
31 ковеллин, халькозин). Процесс окисления в присутствии катализатора
32 может идти по следующим реакциям:



37 Таким образом, проведенные исследования показали, что при
38 выщелачивании медьсодержащих хвостов флотационного обогащения
39 сернокислотными растворами, введение ферромагнитного катализатора
40 приводит к повышению скорости выщелачивания и увеличению
41 извлечения меди.

1 Проведен термодинамический анализ процессов растворения основных
2 медьсодержащих составляющих руды халькозина и халькопирита с
3 применением программного обеспечения «Outokumpu» при температуре
4 от 20 до 200°C. Результаты исследований показали, что реакция
5 разложения халькозина имеет отрицательные значения энергии Гиббса от -
6 98.254 до -89.523кДж, а халькопирит имеет более отрицательные значения,
7 что свидетельствует о большей вероятности процессов растворения
8 халькопирита по сравнению с халькозином. Для интенсификации
9 процессов растворения хвостов флотационного обогащения золотомедной
10 руды, содержащей халькозин, необходимо применение катализатора.

11 Изучено влияние концентрации раствора на растворимость
12 минералов меди по методу конвекции в статических условиях (рис.4 и 5).

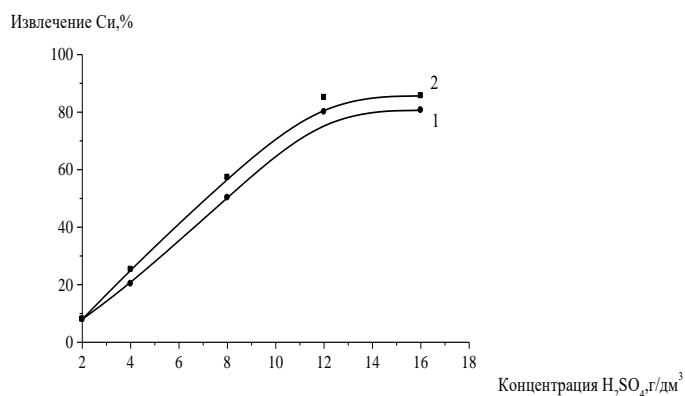


13

14 Рис.4 - Влияние концентрации серной кислоты на эффективность
15 извлечение меди из малахита: 1-в присутствии катализатора, 2- без
16 катализатора

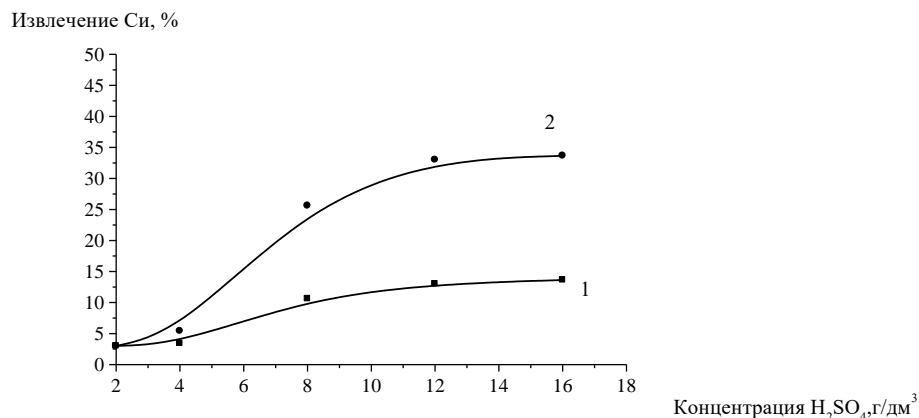
17

18



19

20 Рис. 5 - Влияние концентрации серной кислоты на эффективность
21 извлечение меди из халькозина: 1- без катализатора, 2- в присутствии
22 катализатора



1

2 Рис. 6 - Влияние концентрации серной кислоты на эффективность
 3 извлечение меди из халькопирита: 1- без катализатора, 2- в присутствии
 4 катализатора

5 Установлено, что с увеличением концентрации серной кислоты
 6 от 2,0 до 16,0 г/дм³ извлечение меди в раствор повышается. В присутствии
 7 катализатора извлечение меди в раствор повышается для всех минералов.

8 Таким образом, использование модифицирующей добавки
 9 моноэтаноламинксантогенат (МАК) к основному сульфгидрильному
 10 собирателю повышает извлечение золота во флотоконцентрат, а
 11 применение ферромагнитного катализатора при сернокислотном
 12 выщелачивании меди из хвостов флотационного обогащения способствует
 13 повышению извлечения меди в раствор.

14 **В четвертой главе** представлены результаты гравитационно-
 15 флотационного обогащения и сернокислотного выщелачивания хвостов
 16 флотации золотомедной руды месторождения Кумбель.

17 В результате гравитационного обогащения из руды получен
 18 гравитационный концентрат с содержанием золота 31,0 г/т, при
 19 извлечении 42,45%. Хвосты гравитационного обогащения с содержанием
 20 золота 2,83 г/т и меди 1,84 % являются исходным питанием флотации.

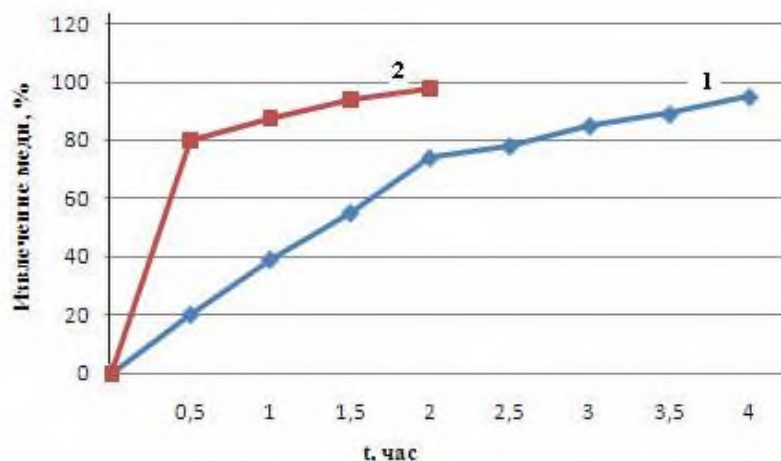
21 Результаты флотационного обогащения руды месторождения Кумбель
 22 с бутиловым ксантогенатом, вспенивателем Т-80 в сочетании с
 23 модифицирующими добавками диэтидитиокарбаматом, бутиловым
 24 аэрофлотом и моноэтаноламинксантогенатом показали, что наиболее
 25 лучшие показатели флотационного обогащения получены с применением
 26 модификатора МАК.

27 Установлено, что применение модифицирующей добавки МАК
 28 позволило повысить извлечение золота в концентрат на 5,75% от руды.
 29 Расход бутилового ксантогената в присутствии модифицирующей добавки
 30 МАК сократился на 12,5 %.

31

1 Изучено влияние расхода и концентрации серной кислоты, плотности
2 пульпы, температуры и продолжительности процесса на извлечение меди
3 при выщелачивании хвостов флотационного обогащения.

4 Определены оптимальные условия сернокислотного выщелачивания
5 меди в отсутствии и присутствии ферромагнитного катализатора (рис.7).



6
7 Рис. 7 - Влияние ферромагнитного катализатора на извлечение меди при
8 выщелачивании: 1 – без катализатора; 2 – с ферромагнитным
9 катализатором

10 Установлено, что введение ферромагнитного катализатора
11 значительно повышает концентрацию меди в растворе. В результате 2-х
12 часов выщелачивания в присутствии ферромагнитного катализатора и
13 расходе серной кислоты 45 г/дм^3 извлечение меди в раствор составляет
14 98 %, в то время как без катализатора извлечение Cu в раствор составило
15 94,5 %.

16 По результатам проведенных лабораторных испытаний обогатимости
17 упорной малосульфидной золотомедной руды месторождения Кумбель
18 рекомендуется комбинированная схема переработки руды, включающая
19 гравитационно-флотационную схему с получением гравитационного и
20 флотационного концентратов с использованием модифицирующей
21 добавки моноэтаноламинксантогената и выщелачивание меди из хвостов
22 флотационного обогащения с применением ферромагнитного
23 катализатора. Выделение меди из растворов осуществляется цементацией
24 металлическим железом. В схеме предусмотрены операции, позволяющие
25 регенерировать растворитель. Извлечение меди из раствора по данной
26 технологии составляет 86%.

27
28
29
30
31

ВЫВОДЫ

В диссертационной работе дано решение актуальной задачи - разработана комбинированная технология обогащения упорной золотомедной руды на основе использования нового реагента-модификатора и сернокислотное выщелачивание меди из хвостов гравитационно-флотационного обогащения на основе применения катализатора.

Основные научные и практические результаты исследований заключаются в следующем:

1. Установлено, что исследования по изучению вещественного состава золотомедной руды месторождения Кумбель определяют целесообразность применения комбинированной схемы обогащения. По гравитационно-флотационной схеме возможно получение золотомедного концентрата и гидрометаллургическим способом извлечение меди из хвостов флотационного обогащения.

2. Выявлено, что добавление небольшого количества МАК в пульпу с бутиловым ксантогенатом приводит к росту степени извлечения минералов – пирита и халькопирита на 3-5%. При этом:

- сорбция бутилового ксантогената на поверхности минералов халькопирита, пирита и золота увеличивается с повышением его концентрации. На значение адсорбции бутилового ксантогената на твердой поверхности золота, пирита и халькопирита влияет присутствие МАК;

- измерением силы отрыва пузырька воздуха от поверхности шлифов минералов установлено, что незначительная добавка моноэтаноламинксантогената к собирателю при расходе 8,5 г/т твердого увеличивает силу отрыва от поверхности пирита, халькопирита в интервале рН от 6-9,5.

3. Выявлено, что для интенсификации процесса выщелачивания хвостов флотационного обогащения предлагается использовать ферромагнитный катализатор, введение которого способствует снижению времени отработки и расхода растворителя, повышает извлечение меди.

4. Установлено, что по результатам исследований обогатимости упорной малосульфидной золотомедной руды месторождения Кумбель рекомендуется комбинированная технологическая схема переработки руды. Данная схема включает гравитационно-флотационную схему с получением гравитационного и флотационного концентратов с использованием модифицирующей добавки моноэтаноламинксантогенат, который повышает извлечение золота во флотоконцентрат и сернокислотное выщелачивание меди из хвостов флотации с применением ферромагнитного катализатора, который повышает извлечение меди на

- 1 4% по сравнению с выщелачиванием без катализатора.
2 5. Установлено, что выделение меди из растворов осуществляется
3 цементацией металлическим железом. Извлечение меди из раствора по
4 данной технологии составляет 86%.
5 6. Подана заявка и получено положительное решение на изобретение
6 применения при флотационном обогащении модифицирующей добавки
7 моноэтаноламинксантогената.
8

9 **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ**
10 **ДИССЕРТАЦИИ:**

- 11 1. Молмакова М.М. Гравитационное обогащение золотомедной руды
12 месторождения Кумбель / Ногаева К.А. // Наука и новые технологии
13 №3, Бишкек, 2011г., с.47-48.
14 2. Молмакова М.С. Сернокислотное выщелачивание меди хвостов
15 гравитационного обогащения руды// Сб.тр. межд.конф. «Проблемы
16 геомеханики и освоения недр»//Бишкек, 15-17июня, 2011г, с.208-212.
17 3. Молмакова М.С. Исследование вещественного состава руды
18 месторождения Кумбель / Ногаева К.А. // Известия КГТУ №22, Бишкек,
19 2011г., с.325-326.
20 4. Молмакова М.С. Гранулометрическая характеристика медьсодержащей
21 руды Известия КГТУ//№22, Бишкек, 2011г., с.325-326.
22 5. Молмакова М.С. Гравитационно-флотационное обогащение
23 золотомедной руды / Ногаева К.А, Тусупбаев Н.К., Абдыкирова Г.Ж. //
24 Наука и новые технологии №7, Бишкек, 2012г., с.34-37.
25 6. Молмакова М.С. Исследование вещественного состава технологической
26 пробы золотомедной руды // Наука и новые технологии №7, Бишкек,
27 2012г., с.9-11.
28 7. Молмакова М.С. Влияние активизирующей добавки на флотируемость
29 мономинералов золотосодержащей руды / Тусупбаев Н.Н., Ногаева К.А.,
30 Абдыкирова Г.Ж., Танекеева М.Ш. // Комплексное использование
31 минерального сырья, Алматы, №4, 2012г. с. 34-40 .
32 8. Молмакова М.С. Сернокислотное выщелачивание меди из хвостов
33 гравитационно-флотационного обогащения месторождения Кумбель /
34 Тусупбаев Н.К., Ногаева К.А. // Наука и новые технологии №28,
35 Бишкек, 2013г., с.278-280.
36 9. Molmakova M.S. Influence of activating additives on floatability of gold-
37 bearing monominerals / Nogayeva K.A., Tussupbaev N.K., Abdykirova
38 G.Zh., Temirova S.S., Abdikulova A.O., Tanekeeva M.Sh. // XV Balkan
39 mineral processing congress Volume I, Sozopol, Bulgaria, June 12-16, 2013,
40 P.394-395.

41

1 **Резюме**

2 **Молмакова Мира Сапаровна**

3
4 **АЛТЫНЖЕЗДУУ КЕНИНИН КОМПЛЕКСТУУ ИШТЕТУУНУН**
5 **ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫН НЕГИЗИ**
6

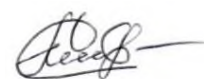
7 05.16.02 – «Кара, тустуу жана сейрек кездешкен металлдардын
8 металлургиясы», 25.00.13- «Кен байлыктарды байытуу» адистиктери
9 боюнча техника илимдеринин кандидаты деген илимий даражасын алуу
10 учун жазылган диссертациянын авторефераты

11
12 **Негизги создор:** *флотация, эритүү, бутил ксантогенаты, кызыл*
13 *спектр, моноэтанолламинксантогенаты, көбүрткүч, балуу зат,*
14 *жылуулукдисперсиясы спектометриясы.*

15 Илимий изилдөөнүн жардамы болуп Кумбел кенбайлыгынын татаал
16 алтынжездуу кени болду.

17 Диссертациялык иште кендин минералогиялык тузулушу,
18 майдаланган кендин гранулометриялык майда болукторундо жана ар
19 кандай тыгыздыкта алтындын болукчолорунун жайгашышынын
20 мыйзамченемдуулугу; бутил ксантогенатын моноэтанолламин-
21 ксантогенатын шартында сорбциалык касиетин аныктоо; күкүрткычкыл
22 суу эритмесинде жезди байытуу калдыктары аныктоонан ачытып алууда
23 ферромагнитти катализатор катары пайдалануу шарттарын аныктоо.

24 Өткөрүлгөн изилдөөлөрдүн негизинде көкбет алтынжез камтыган
25 кендин аралашмасына технологиялык чийме каралды, жанагы
26 киргизилген гравитация-флотациялык көрсөтүлмөдө алынган баалуу зат
27 (концентратты) пайдалануу менен модификациялык кошумча
28 моноэтанолламинксантогенаты жогорку көрсөтмөнү алтынды бөлүп
29 алууда аз убакыттын ичинде сапталган эритмени ошондой эле жездин
30 эритмеге өтүшү болду. Жезди эритмеден бөлүп алууда цементация
31 ыкмасы пайдаланды. Сүрөттөмөдө эритмени регенирациялоо жолу
32 каралды. Жезди эритмеден бөлүп алуу бул сүрөттөмөдө 86% пайызды
33 түздүү.



1 **Резюме**

2 **Молмакова Мира Сапаровна**

3
4 **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ КОМПЛЕКСНОЙ**
5 **ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОМЕДНОЙ РУДЫ**
6

7
8 Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
9 технических наук по специальностям 05.16.02 –«Металлургия черных,
10 цветных и редких металлов», 25.00.13-«Обогащение полезных
11 ископаемых»

12
13 **Ключевые слова:** *флотация, выщелачивание, бутиловый*
14 *ксантогенат, инфракрасный спектр, моноэтаноламинксантогенат,*
15 *вспениватель, концентрат, энергодисперсионная спектрометрия.*
16

17 В качестве объекта исследований выбрана упорная золотомедная руда
18 месторождения Кумбель.

19 В диссертации изучен минералогический состав руды,
20 закономерности распределения золота в узких фракциях плотности и
21 крупности в дробленной упорной руде; определены сорбционные свойства
22 бутилового ксантогената в сочетании с моноэтаноламинксантогенатом в
23 условиях мономинеральной флотации, определены условия
24 сернокислотного выщелачивания меди из хвостов флотации в сочетании с
25 ферромагнитным катализатором.

26 На основе проведенных исследований по обогащению упорной
27 золотомедной руды разработана комбинированная технологическая схема
28 переработки руды, которая включает гравитационно-флотационную схему
29 с получением гравитационного и флотационного концентрата с
30 использованием модифицирующей добавки моноэтаноламинксантогената,
31 который повышает извлечение золота во флотоконцентрат и
32 сернокислотное выщелачивание меди из хвостов гравитационно-
33 флотационного обогащения с применением ферромагнитного
34 катализатора, применение которого способствует повышению скорости
35 выщелачивания и снижению расхода растворителя и соответственно
36 увеличивает извлечение меди в раствор. Выделение меди из растворов
37 осуществляется цементацией металлическим железом. В схеме
38 предусмотрены операции, позволяющие регенерировать растворитель.
39 Извлечение меди из раствора по данной технологии составляет 86%.



1 **Resume**

2 **Molmakova Mira Saparovna**

3
4 **TECHNOLOGICAL BASES DEVELOPMENT OF GOLD-ORES**
5 **COMPLEX PROCESSING**
6

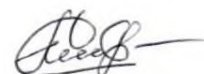
7 Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty
8 05.16.02 - "Ferrous, non-ferrous and rare metals", 25.00.13 - "Enrichment of
9 Minerals".

10 **Keywords:** *flotation, leaching, butyl xanthate, the infrared spectrum,*
11 *monoethanolamine xanthogenate , foaming agent, concentrate, energy*
12 *dispersive spectrometry.*

13 The object of research is selected resistant gold-ore deposits Kumbel.

14 The thesis studied the mineralogical composition of the ore, the patterns of
15 gold distribution in narrow particle size and density fractions in crushing hard
16 ore; determined sorption properties of butyl xanthate in combination with
17 monoethanolamine xanthogenate in monomineral flotation, the conditions for
18 sulfuric acid leaching of copper flotation tailings in conjunction with
19 ferromagnetic catalyst.

20 Research-based enrichment of hard gold-ore, a combined ore processing
21 flow sheet that includes a gravity-flotation circuit to produce gravity and
22 flotation concentrate using a builder of the monoethanolamine xanthogate that
23 improves the recovery of gold in the flotation concentrate and sulfuric acid
24 leaching of copper from the tails of the gravity-flotation using ferromagnetic
25 catalyst, the use of which reduces the time of processing and solvent
26 consumption and increase transfer copper into the solution. Isolation is carried
27 out from solutions of copper carburizing metallic iron. The circuit provides
28 operations that allow regenerating the solvent. Extraction of copper from a
29 solution of this technology is 86%.



30